



**PENGARUH LAMA WAKTU KEMATIAN TERHADAP KEMAMPUAN  
PERGERAKAN SILIA BRONKUS HEWAN COBA POST MORTEM  
YANG DIPERIKSA PADA SUHU KAMAR DAN SUHU DINGIN**

**JURNAL MEDIA MEDIKA MUDA**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna mencapai derajat  
sarjana strata-1 kedokteran umum**

**KIEL PINO P  
G2A009138**

**PROGRAM PENDIDIKAN SARJANA KEDOKTERAN  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
2013**

**LEMBAR PENGESAHAN JURNAL MEDIA MEDIKA MUDA KTI**

**PENGARUH LAMA WAKTU KEMATIAN TERHADAP KEMAMPUAN  
PERGERAKAN SILIA BRONKUS HEWAN COBA POST MORTEM  
YANG DIPERIKSA PADA SUHU KAMAR DAN SUHU DINGIN**

Disusun oleh :

**KIEL PINO P  
G2A009138**

**Telah disetujui:**

Semarang, 27 Agustus 2013

**Pembimbing 1 :**



**dr. Gatot Suharto, SpF,MKes, DFM, SH  
NIP.195202201986031001**

**Pembimbing 2 :**



**dr. Hadi, Msi Med  
NIP.197106071998021001**

**Ketua Penguji :**



**dr. Sigid Kirana Lintang Bhima, SpKF  
NIP.198006302008121002**

**Penguji :**



**dr. Ika Pawitra Miranti,MKes,SpPA  
NIP.196206171990012001**

# **PENGARUH LAMA WAKTU KEMATIAN TERHADAP KEMAMPUAN PERGERAKAN SILIA BRONKUS HEWAN COBA POST MORTEM YANG DIPERIKSA PADA SUHU KAMAR DAN SUHU DINGIN**

Kiel Pino Putra<sup>1</sup> Gatot Suharto<sup>2</sup> Hadi<sup>3</sup>

## **ABSTRAK**

**Latar belakang** Penentuan waktu kematian adalah salah satu faktor yang penting dalam kedokteran ilmu forensik. Reaksi supravital merupakan perubahan post mortem yang sangat menarik untuk menentukan waktu kematian. Reaksi supravital merupakan reaksi jaringan tubuh sesaat pasca kematian. Hal itu terjadi pada sistem pernafasan. Pada penelitian ini pergerakan silia akan dikaitkan dengan suhu dan lama waktukematian. Sampel penelitian diambil dari mukosa bronkus hewan coba.

**Tujuan** Membuktikan apakah perbedaan suhu dan lama waktu kematian berpengaruh terhadap pergerakan siliabronkus post mortem.

**Metode** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang menggunakan time series design dengan interval waktu yang telah ditentukan. Sampel penelitian berjumlah 32 sampel, 16 sampel diletakkan pada ruang terbuka sebagai suhu kamar dan 16 sampel diletakkan pada lemari es sebagai suhu dingin. Uji statistik menggunakan uji alternative paired t-test yaitu uji Wilcoxon.

**Hasil** Rerata kemampuan pergerakan silia bronkus pada suhu kamar 6jam, 12jam, 18jam, 24 post mortem berturut-turut adalah (29.51+4.89) menit, (20.25+4.35) menit, (8.99+5.58) menit, (0)mnt sedangkan pada suhu dingin (25.86+1.99) menit, (21.03+1.95) menit, (10.60+7.04) menit, (0)mnt. Uji alternative t-test berpasangan Wilcoxon untuk membandingkan kelompok perlakuan suhu kamar dengan suhu dingin diperoleh hasil bermakna pada6 jam suhu kamar dan suhu dingin didapatkan perbedaan yang signifikan pergerakan siliabronkus post mortem, yaitu  $p=0,020$ . Pada 12,18, dan24 jam suhu kamar dan suhu dingin tidak didapatkan perbedaan yang signifikan yaitu  $p=0,278$ ,  $p=0,328$ , dan  $p=1,000$ .

**Kesimpulan** Terdapat pengaruh suhu dan lama waktu kematian pada 6jam suhu kamar dan suhu dingin terhadap kemampuan pergerakan silia bronkus hewan coba post mortem. Tidak terdapat pengaruh suhu dan lama waktu kematian pada 12,18, dan 24 jam suhu kamar dan suhu dingin terhadap kemampuan pergerakan silia bronkus hewan coba post mortem

**Kata kunci** Silia, bronkus, post mortem, suhu kamar, suhu dingin, lama waktu kematian

<sup>1</sup>Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang

<sup>2</sup>Staf Pengajar Bagian Ilmu Kedokteran Forensik Fakultas Kedokteran Diponegoro Semarang

<sup>3</sup>Staf Pengajar Bagian Ilmu Kedokteran Forensik Fakultas Kedokteran Diponegoro Semarang

# INFLUENCE ON THE LENGTH OF DEATH IN THE ABILITY OF CILIA BRONCHUS EXPERIMENTAL ANIMALS POST MORTEM MOVEMENT WERE EXAMINED AT ROOM TEMPERATURE AND COLD TEMPERATURE

## ABSTRACT

**Background.** Determination of time since death is one of the most crucial factor in forensic medicine. Supravital reactions are the most interesting post mortem changes for time of death estimation. Supravital reaction is a reaction of the body tissues shortly after death. It happens on the respiratory system. In this study bronchial ciliary motility will be associated with the temperature and time of death. Samples were taken from the bronchial mucosa experimental animals.

**Aim** To determine whether the differences in temperature and length of time of death affect the movement of cilia bronchial post mortem.

**Results** Mean bronchial cilia movement capability at room temperature 6 hours, 12 hours, 18jam, 24 consecutive post mortem was (29.51 +4.89) min, (20:25 +4.35) min, (8.99 +5.58) min, (0) min, while in cold temperatures (25.86 +1.99) min, (21:03 +1.95) min, (10.60 +7.04) min, (0) min. Alternative test Wilcoxon paired t-test to compare treatment groups with the room temperature cooler temperatures obtained significant results at 6 hours room and cold temperature was found a significant difference on the bronchial ciliary movement, with  $p = 0.020$ . At 12,18, and 24 hour room temperature and cold temperature, no significant difference was found with  $p = 0.278$ ,  $p = 0.328$ , and  $p = 1.000$ , respectively.

**Conclusions** There is an influence of temperature and length of time of death at 6 hours room temperature and cold temperature on the bronchial ciliary movement. There is no an influence of temperature and lenght of time of death at 12,18, and 24 hours room temperature and cold temperature on the bronchial ciliary movement.

**Keywords:** Ciliary, bronchial, post mortem, room temperature, cold temperature, long time of death

## PENDAHULUAN

Kematian merupakan fase akhir dalam kehidupan tiap manusia. Menurut ilmu kedokteran, manusia memiliki dua dimensi, yaitu sebagai individu dan sebagai kumpulan dari berbagai macam sel. Berdasarkan pengertian tersebut maka kematian sel (*celluler death*) akibat ketiadaan oksigen baru akan terjadi setelah kematian manusia sebagai individu (*somatic death*).

Pada saat terjadi kematian, didalam tubuh masih terdapat sel dan jaringan yang masih sempat melanjutkan beberapa aktivitas, misalnya sel yang sedang bermitosis masih dapat menyelesaikan pembelahannya, sel-sel usus mampu hidup sampai 2 jam sesudah mati, dan sel-sel otot masih dapat mengalami kontraksi jika dirangsang dengan listrik. Tetapi akibat berhentinya pasokan oksigen ke seluruh jaringan tubuh, maka satu demi satu sel yang merupakan elemen terkecil dari kehidupan pembentuk manusia akan mengalami kematian. Dimulai dari sel-sel yang paling rendah daya tahannya terhadap ketiadaan oksigen sampai sel-sel yang mampu bertahan lebih lama tanpa oksigen.

Setelah terjadinya kematian, tubuh akan mengalami berbagai macam perubahan-perubahan, diantara lainnya adalah perubahan kulit muka sebagai akibat dari berhentinya sirkulasi darah, relaksasi otot, perubahan pada mata, penurunan suhu tubuh, timbulnya lebam mayat karena adanya gaya gravitasi, kaku mayat karena penumpukan ADP pada otot-otot, pembusukan, dan perubahan pada darah yang dilanjutkan dengan kematian sel.<sup>1</sup>

Pada perkembangan ilmu forensik sekarang ini perubahan morfologi sel mati dapat digunakan sebagai alternatif untuk memperkirakan lama waktu kematian. Perubahan morfologi tersebut dapat terjadi pada sistem organ manusia. Salah satunya yaitu sistem pernafasan.

Sebuah studi yang dilakukan oleh Lee pada tahun 1987. Terdapat dua kasus menunjukkan integritas ultrastruktur normal dari sel-sel hidung yang bisa dipertahankan paling sedikit selama 15 jam pasca mortem. Selain itu, fungsi motilitas normal sesekali diamati selama 18 jam kematian berikutnya, sehingga menunjukkan *ciliary motility* sebagai tanda yang jelas dari reaksi supravital.<sup>2</sup>

Pada penelitian ini, peneliti akan memberikan intervensi berupa penempatan bronkus kambing pada dua media yang berbeda, yaitu suhu kamar dan suhu

dingin. Suhu dingin dipilih, karena dianggap akan memudahkan dalam pengambilan sampel, dan bronkus kambing tidak akan membeku pada saat pengambilan sampel.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti ingin mencoba melakukan penelitian tentang “Pengaruh Perbedaan Suhu Dan Tingkat Waktu Kematian Terhadap Kemampuan Pergerakan Silia Bronkus Hewan Coba Post Mortem (Sebagai Metode Penentuan Lamanya Waktu Kematian Dan Mempelajari Faktor Suhu Yang Mempengaruhinya)”. Peneliti memilih hewan kambing sebagai uji coba, karena prototipe kambing dianggap ideal untuk penelitian sebab proses metabolisme maupun anatominya tidak jauh berbeda dengan manusia. Dan dapat dijadikan alternatif penelitian perkiraan waktu kematian dengan pemeriksaan yang lebih objektif.

## METODE

Rancangan penelitian dari penelitian ini menggunakan time series design. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang selama bulan Maret-Mei 2013. Sampel adalah nasopharynx hewan coba post mortem yang dipilih dengan cara simple random sampling.

Besar sampel dari penelitian ini adalah 16 bronkus hewan coba post mortem untuk setiap kelompok percobaan. 16 bronkus hewan coba post mortem dipotong kanan dan kiri, sehingga didapatkan total sampel 32 bronkus hewan coba post mortem untuk 2 kelompok percobaan. Sampel yang dipilih adalah sampel yang telah memenuhi kriteria inklusi yaitu hewan coba sehat dan tidak ada kelainan anatomik yang tampak, sedangkan kriteria eksklusinya adalah terdapat cacat morfologi pada bronkus hewan coba yang diperiksa, silia tidak mempunyai kemampuan untuk bergerak dan hewan coba memiliki kelainan anatomik yang tampak. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu kamar, suhu dingin dan lama waktu kematian. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah berhentinya gerakan silia bronkus post mortem.

## HASIL

### Analisis Deskriptif

Temperatur suhu kamar di laboratorium forensik FK UNDIP selama penelitian berlangsung berkisar antara 29°C-32°C. Temperatur suhu tempat penyimpanan buah/sayur almari es berkisar antara 4°C-8°C. Pada analisis deskriptif suhu kamar didapatkan bahwa pada enam jam setelah kematian rata-rata silia masih mampu bergerak ritmik selama  $(29.51 \pm 4.89)$  menit dengan nilai maksimum adalah 43.21 menit dan minimum 20.22 menit. Pada pengamatan dua belas jam post mortem diperoleh rata-rata silia mampu bergerak ritmik selama  $(20.25 \pm 4.35)$  menit dengan nilai maksimum 32.19 dan terendah 12.48 menit. Pada pengamatan setelah delapan belas jam setelah kematian rata-rata silia mampu bergerak ritmik selama  $(8.99 \pm 5.58)$  menit dengan nilai maksimum 16.40 menit dan minimum 0 menit. Pada pengamatan dua puluh empat jam setelah kematian sama sekali tidak dijumpai adanya pergerakan sel bersilia.

Pada analisis deskriptif suhu dingin didapatkan bahwa pada enam jam setelah kematian rata-rata silia masih mampu bergerak ritmik selama  $(25.86 \pm 1.99)$  menit dengan nilai maksimum adalah 29.57 menit dan minimum 22.07 menit. Pada pengamatan dua belas jam post mortem diperoleh rata-rata silia mampu bergerak ritmik selama  $(21.03 \pm 1.95)$  menit dengan nilai maksimum 25.12 dan terendah 18.15 menit. Pada pengamatan setelah delapan belas jam setelah kematian rata-rata silia mampu bergerak ritmik selama  $(10.60 \pm 7.04)$  menit dengan nilai maksimum 19.45 menit dan minimum 0 menit. Pada pengamatan dua puluh empat jam setelah kematian sama sekali tidak dijumpai adanya pergerakan sel bersilia.

Analisis Interferensial untuk mencari hubungan antara lama pergerakan silia yang diisolasi pada sampel yang disimpan pada suhu kamar dan suhu dingin

Setelah dilakukan uji statistik Wilcoxon, dapat dilihat hubungan antara lama pergerakan silia nasopharynx yang diperiksa pada suhu kamar dan suhu dingin pada tabel 1, tabel 2, tabel 3, dan tabel 4. Didapatkan hasil Pada 6 jam post mortem silia yang disimpan pada suhu kamar mempunyai kemampuan bergerak lebih lama secara bermakna dibandingkan dengan yang disimpan pada suhu dingin. Sedangkan pada 12, 18, dan 24 jam silia yang disimpan pada suhu kamar

tidak mempunyai kemampuan bergerak yang bermakna bila dibandingkan dengan yang disimpan pada suhu dingin.

Tabel 1. Uji statistik Wilcoxon pada 6 jam suhu kamar dan 6 jam suhu dingin

	enamjamsuhudingin - enamjamsuhukamar
Z	-2.327 <sup>a</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	.020

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Didapatkan bahwa  $p=0.020$  ( $p<0.05$ ) menandakan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna pada silia yang diperiksa pada suhu kamar dan suhu dingin.

Tabel 2. Uji statistik Wilcoxon pada 12 jam suhu kamar dan 12 jam suhu dingin

	duabelasjamsuhudingin - duabelasjamsuhukamar
Z	-1.086 <sup>a</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	.278

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Didapatkan bahwa  $p=0.278$  ( $p<0.05$ ) menandakan bahwa terdapat perbedaan yang tidak bermakna pada silia yang diperiksa pada suhu kamar dan suhu dingin.\

Tabel 3. Uji statistik Wilcoxon pada 18 jam suhu kamar dan 18 jam suhu dingin

	delapanbelasjamsuhudingin delapanbelasjamsuhukamar
Z	-.978 <sup>a</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	.328

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test



Didapatkan bahwa  $p=0.328$  ( $p<0.05$ ) menandakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada silia yang diperiksa pada suhu kamar dan suhu dingin.

Tabel 4. Uji statistik Wilcoxon pada 24 jam suhu kamar dan 24 jam suhu dingin  
duapuluhempatjamsuhudingin -  
duapuluhempatjamsuhukamar

Z	.000 <sup>a</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000

a. The sum of negative ranks equals the sum of positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Didapatkan bahwa  $p=1.000$  ( $p<0.05$ ) menandakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada silia yang diperiksa pada suhu kamar dan suhu dingin.

## PEMBAHASAN

Pada akhir penelitian, peneliti memiliki tujuan untuk melihat adakah pengaruh perbedaan suhu dan lama waktu kematian terhadap kemampuan pergerakan silia bronkus hewan coba post mortem. Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Lee pada tahun 1987. Bahwa terdapat dua kasus menunjukkan integritas ultrastruktur normal dari sel-sel silia hidung yang bisa dipertahankan paling sedikit selama 15 jam pasca mortem, dan menunjukan *ciliary motility* sebagai tanda yang jelas dari reaksi supravital.<sup>6</sup> Tetapi pada penelitian tersebut, Lee tidak menggunakan sel silia bronkus dan tidak membandingkan antara dua suhu yang berbeda.

Penelitian ini menggunakan metode *time series design*, peneliti berhasil melihat reaksi supravital yang telah disebutkan oleh Lee. Terdapat pergerakan silia bronkus hewan coba post mortem dengan durasi mencapai 18 jam, baik diberi perlakuan suhu dingin maupun suhu kamar.

Kemudian berdasarkan olah data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan pada uji statistik, terlihat pada 6 jam suhu dingin dan 6 jam suhu kamar  $p= 0,020$ , hal tersebut menunjukkan bahwa hipotesis yang dikemukakan peneliti terbukti, yaitu terdapat pengaruh perbedaan suhu dan tingkat waktu kematian

terhadap pergerakan silia post mortem yang diambil dari mukosa bronkus hewan coba untuk dikaitkan dengan lama waktu kematian.

Silia hanya dapat ditemukan pada dua tempat dalam tubuh manusia, yaitu pada permukaan saluran pernapasan dan pada permukaan dalam tuba uterina di saluran reproduksi. Pada rongga hidung dan saluran napas bagian bawah, gerakan silia yang mirip cambuk menyebabkan lapisan mukus bergerak dengan kecepatan kira-kira 1 sentimeter/menit menuju faring dan dengan cara ini, saluran napas akan dibersihkan secara terus menerus dari mukus maupun partikel yang terperangkap dalam mukus.<sup>3</sup>

Sebuah silia memiliki bentuk seperti rambut lurus atau melengkung dengan ujung runcing, yang menonjol sejauh 2 sampai 4 mikrometer dari permukaan sel. Banyak silia seringkali menonjol dari setiap sel tunggal. Silia disangga oleh 11 mikrotubulus yang tersusun oleh 9 mikrotubulus ganda dan 2 mikrotubulus tunggal di bagian tengah silia. Setiap silia merupakan pertumbuhan keluar dari suatu struktur yang terletak di bawah membran sel, yang disebut badan basal silia.<sup>4</sup>

Motilitas silia ditentukan oleh mikrotubulus dan ditandai oleh dua jenis gerakan yang berbeda, yaitu yang cepat disebut "*propulsive movement*" (hentakan awal) dan yang lebih lambat disebut "*return movement*" (pergerakan balik). Silia bergerak mencambuk secara serentak dengan frekuensi 600 - 1.000 denyut per menit dan bergerak ke arah yang sama.<sup>5</sup>

Pada penelitian ini terlihat silia pada suhu dingin mampu bertahan hidup lama dibanding suhu kamar, namun tidak dapat bergerak lebih lama dibanding suhu kamar. Hal ini disebabkan oleh mekanisme anaerob yang dapat dipertahankan pada suhu dingin. Selain itu juga terjadi penghematan energi (*adenosine trifosfat*), kemudian mengakibatkan silia bergerak dengan energi lebih sedikit dan bertahan hidup lebih lama. Namun pada suhu kamar yang terjadi adalah peningkatan mekanisme anaerob karena suhu dan kelembapan yang tidak dapat dikontrol, kemudian menghasilkan kematian sel silia lebih cepat.

Faktor penyebab kematian sel silia yang utama adalah terjadinya hipoksia. Hipoksia merupakan keadaan di mana terjadi defisiensi oksigen, yang mengakibatkan kerusakan sel akibat penurunan respirasi oksidatif aerob sel.

Hipoksia merupakan penyebab penting dan umum dari cedera dan kematian sel. Tergantung pada beratnya hipoksia, sel dapat mengalami adaptasi, cedera, atau kematian.<sup>6</sup>

Hipoksia menyebabkan produksi ATP di mitokondria berkurang. Pada penurunan ATP tersebut, sel akan mengalami penurunan reaksi pemompaan natrium kalium. Selain itu sel juga akan mengalami penurunan sintesis protein dan kemudian sel memulai metabolisme anaerob. Tanpa pemompaan natrium kalium tersebut, Tekanan osmotik didalam sel akan meningkat, sehingga akan terjadi penarikan air kedalam sel. Sel yang mengalami kekurangan oksigen atau suplai darah tersebut mulai membengkak sehingga terjadi dilatasi retikulum endoplasma, dan terjadi nekrosis atau kematian sel.

Sedangkan pada saat sel melakukan metabolisme anaerob, sel akan mengalami penurunan kadar Ph dan dapat menyebabkan penurunan fungsi enzim-enzim antioksidan seperti *superoksida dismutase*, *hidrogen peroksidase*, dan enzim katalase.<sup>7</sup>

Akibat penurunan fungsi enzim *superoksida dismutase* tersebut, maka akan terbentuk ROS (*Reactive Oxygen Species*). ROS adalah suatu senyawa pengoksidasi turunan oksigen yang bersifat sangat reaktif yang terdiri atas kelompok radikal bebas dan kelompok nonradikal. Terbentuknya ROS juga dapat mengakibatkan kerusakan pada DNA sel dan terjadi cedera sel, kemudian dilanjutkan dengan kematian sel.<sup>8</sup>

Pada penelitian ini mengalami sedikit kekurangan diantara lain kesulitan dalam mengontrol kelembapan dan suhu kamar yang berpengaruh juga terhadap proses pembusukan. Selain itu faktor manusia dalam pengambilan sampel seperti tebal dan tipisnya sampel, preparasi sampel, ketepatan waktu pengambilan sampel juga berperan dalam hasil dari penelitian ini.

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk lebih mengetahui pengaruh perbedaan suhu dan tingkat waktu kematian terhadap kemampuan pergerakan silia bronkus hewan coba post mortem baik dengan intervensi, interval waktu postmortem dan *range* suhu yang berbeda.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Hubungan antara lama waktu kematian dengan pergerakan silia nasopharynx post mortem diperoleh hasil yang tidak konsisten. Pada 6 jam post mortem silia yang disimpan pada suhu kamar mempunyai kemampuan bergerak lebih lama secara bermakna dibandingkan dengan yang disimpan pada suhu dingin. Sedangkan pada 12,18, dan 24 jam silia yang disimpan pada suhu kamar tidak mempunyai kemampuan bergerak yang bermakna bila dibandingkan dengan yang disimpan pada suhu dingin.

### Saran

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mencari faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap kemampuan pergerakan silia nasopharynx postmortem. Serta, penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan intervensi, interval waktu dan range suhu yang berbeda.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada dr. Gatot Suharto, SpF,Mkes,DFM,SH dan dr.Hadi, Msi,Med yang telah memberikan saran-saran dalam pembuatan Karya Tulis Ilmiah. Tidak lupa juga kepada dr. Sigid Kirana Lintang Bima, SpKF selaku ketua penguji dan dr. Ika Pawitra Miranti, SpPA, Mkes selaku penguji. Serta pihak-pihak lain yang telah membantu hingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Dahlan, Sofwan. Ilmu Kedokteran Forensik. Pedoman Bagi Dokter dan Penegak Hukum. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro. 2007. h. 47- 65.
2. Gartner, Leslie P. James L, Hiatt. Color Atlas of Histology. Ed 3. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2000. p. 119-125
3. Wolfe, S.L. Molecular and Cellular Biology. California: Wadsworth Publishing Company Melmont. 1993. p. 157-162
4. Vereb G, Szollosi J, Matko J, et al. Dynamic, yet structured: The Cell Membrane Three Decades After The Singer-Nicolom Model. Proc natl acad sci USA. 2003; 100: 8053.
5. Gelardi M, Atlas of nasal cytology for the differential diagnosis of nasal diseases. Centro Scientifico Editore. 2007. Torino 21–26 P. 16–17
6. Gore CJ, Clark SA, Saunders PU. Nonhematological Mechanisms of Improved Sea-Level Performance After Hypoxic Exposure. 2007. p.256-271
7. Kenneth B, Alistair S. Altitude Oxygen Calculator Apex (Altitude Physiology Expeditions). 2006. p.116-25.
8. West, John B. Oxygen Enrichment of Room Air to Relieve the Hypoxia of High Altitude. 1996. p.225-32.